Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET
Canada Centre for Mineral and Energy Technology
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

POTASH MINING PROJECT

PROJET D'EXPLOITATION DE LA POTASSE

PROGRAMME DE RE[illegible]
LABORATOIRES DE [illegible]

[illegible]
G. [illegible]

L'UTILISATION DES RESIDUS DE HALITE DANS LES MINES DE POTASSE AU NOUVEAU BRUNSWICK

Sommaire

Août, 1987

par:

DENISON-POTACAN POTASH COMPANY
Sussex, New Brunswick

Maurice B. Dusseault, Ph.D.,P.Eng.
l'Université de Waterloo

pour

Mraz Project Consultants Ltd.
Saskatoon, Saskatchewan

Ce projet fait partie d'une Convention pour le Développement des Mineraux entre les gouvernements de Canada et de Nouveau Brunswick, et a été conduit sous l'autorisation de CANMET, Département d'Ener e, Mines et Ressources, CANADA

Approvisionnements et Services Canada

No. de Contract DSS OSQ85-00208

No. de Project de CANMET 1.4.09.05

Agent Scientifique de CANMET: Dr. G. Herget, P.Eng.

MICROMEDIA

32pp

2.0 INTRODUCTION

La site DPPC se trouve au sud de Sussex, Nouveau Brunswick (Fig. 2.1). Le dépôt de potasse "Clover Hill" fut identifié par le forage de surface dans 1973 par le Département de Ressources Naturelles du Nouveau Brunswick. En 1975, le gouvernement a transferé les droits d'exploration et de développement de ce site à International Minerals and Chemical Corporation (IMC). Environ 200,000,000 tonnes de roche avec une concentration moyenne de 28% de K_2O, ont été identifiés par IMC qui a vendu les droits en 1979 à Denison Mines Limited. Cette dernière s'associait en 1980 avec Potash Company of Canada en vue de l'exploration du sous-sol. En 1983, la décision fut prise l'exploiter le dépôt Clover Hill. La méethode d'exploitation comprenait une mine souterraine et une usine de séparation en surface qui étaient capable de produire 1,300,000 tonnes de K_2O par année. La production officielle commencait en juillet 1985.

Le dépôt Clover Hill est une partie de la formation "Cassidy Lake Evaporites" du groupe Windsor. Ce dépôt se trouve seulement dans le synclinorium Marchband, la structure majeure la plus méridionale du sousbassin Moncton (Fig. 2.1). Les dépôts évaporitiques sont divisés en quatre couches de bas en haut:

1. Basal Halite (l'halite le plus profond)
2. Middle Halite (l'halite au milieu)
3. Potash (le potasse)
4. Upper Halite (l'halite supérieur)

La potasse contient deux couches: "Lower Gradational Bed" (couche inférieure gradée), et "Sylvinite Bed" (couche de sylvinite). La première couche comprend surtout de l'halite enrichis par endroits avec de la potasse, de granulométrie moyenne à fine et de couleur orange. La couche de

sylvinite comprend de la sylvite et de l'halite, en quantités plus ou moins égales.

La couche de sylvinite est encore sous-divisée en cinq zones que l'on peut distinguer par des variations en couleur, mineraux, et matériaux insolubes. Ces zones sont, à partir de la plus vieille et en commencant par le bas, désignées par A,B,C,D,E. Les couches B et C sont les plus riches et sont les horizons d'exploitation. La géologie des dépôts Clover Hill est décrite en détail par Waugh et Urquhart (Ref 1).

Le dépôt exploité par DPPC a 10 km de longueur, 3.5 km de largeur et se trouve à une profondeur de 850 m. La teneur en K_2O des roches exploitées est une des plus grandes au monde, avec une moyenne de 28% K_2O.

L'exploitation se fait par chambres et piliers, et les résidus seront remis en place quelques années plus tard. Des méthodes cycliques de forage et tir, et des méthodes continuelles sont utilisées pour l'extraction. Le transportation sous-terraine se fait par convoyeur jusqu'a une aire de stockage souterraine, d'ou le transportation à la surface se fait à l'aide d'une skip de 25 tonnes.

L'expoitation continuelle utilise les machines Marietta à roues jumelles, une méthode couramment utilisée en Saskatchewan. A présent, les méthodes cycliques sont utilisées pour le développement dans les endroits où les condition géologiques sont complexes.

Le placement des résidus dans les chambres abandonnées est nécessaire pour les opérations à DPPC. C'est une solution environmentale plus acceptable que le stockage en surface, et le support que les résidus

consolidés donneront à la mine permettra l'exploitation partielle des piliers de potasse.

DPPC est la deuxième mine de potasse au Nouveau-Brunswick. La première, Potash Company of America, utilise ses résidus comme support additionnel pour les opérations d'extraction, car le dépôt de potasse est inclinée à 70°, et l'équipment opère sur une base de résidus d'halite. Il est à noter que les résidus ne sont pas placés pour effectuer l'extraction secondaire. Aucune autre mine de potasse au Canada n'utilise leurs résidus systématiquement pour l'exploitation.

Cependant, le placement des résidus dans les chambres souterraines nécessitait certaines données techniques avant que les travaux à pleine échelle puissent être entamés.

Par conséquent, DPPC a retenu les services de MPC de Saskatoon, Saskatchewan afin de soumettre une proposition de recheche pour l'utilisation des résidus qui serait subventionné en partie par le gouvernement de Nouveau Brunswick et par CANMET.

En juillet 1985, une proposition de recherche "Use of Backfill in New Brunswick Potash Mines" fut soumise au Ministère des Approvisionnements et Services. Afin de satisfaire une exigence du Ministère fédéral, les participants du projet étaient DPPC, MPC, et UW.

Le but du programme de recherche était d'étudier les résidus de l'usine d'extraction en surface, afin de les retourner en profondeur en vue:

a) d'éviter les problèmes environmentaux résultant du stockage en surface; et,

b) de donner le support aux contraintes verticales dans la mine pour que l'extraction secondaire des piliers soit possible.

Le contract fut donné à DPPC sous le titre de "Phase I - Use of Backfill in New Brunswick Potash Mines".

Le présent sommaire fait partie d'un document complet (en anglais), inclus dans le rapport final des travaux accomplis sous "DSS Contract Serial Number 0SQ85-00208/CANMET Project Number 1.4.09.05. La traduction ci-dessous vise l'ensemble du Volume 1 du rapport.

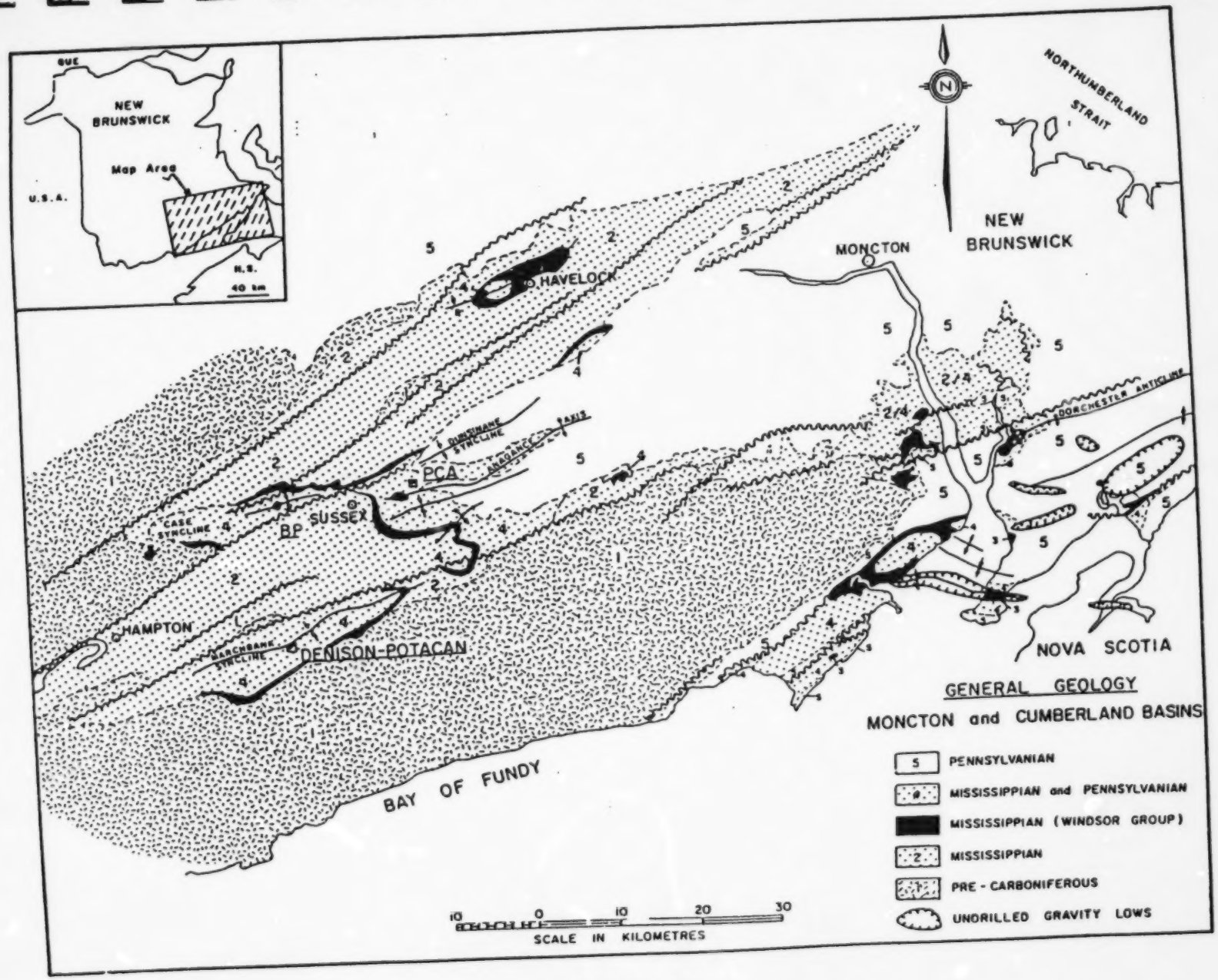


FIGURE 2.1

GEOLOGY OF THE MONCTON SUBBASIN IN NEW BRUNSWICK (Reference 2)

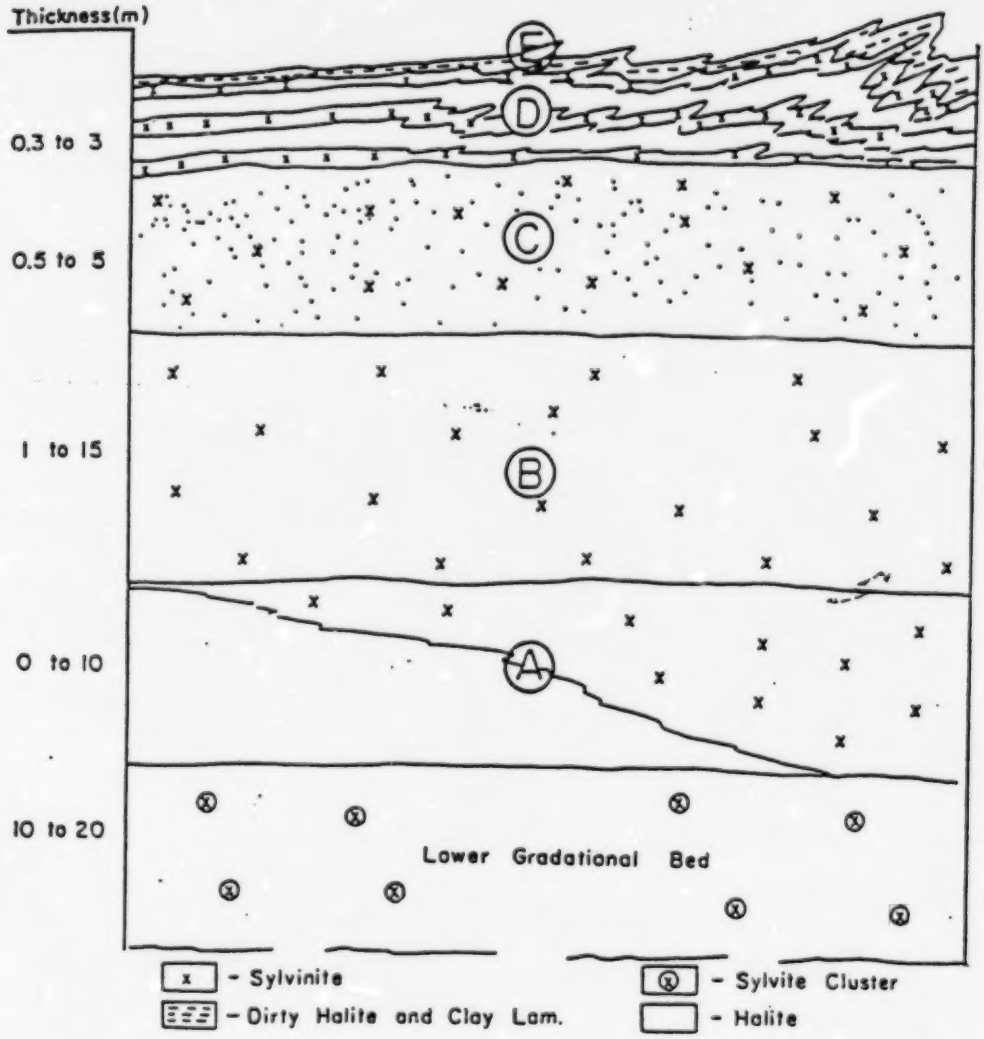


Figure 2.2

Schematic of Cassidy Lake Formation
Potash Member

(Reference 3)

3.0 BUTS TECHNIQUES

Le projet avait pour but d'établir une source d'information pour utiliser les résidus d'halite dans les chambres abandonnées à DPPC a fin d'y extraire plus de minerais, pour éviter les problèmes environmentaux et assurer la sécurité lors des travaux souterrains.

La stabilisation des chambres et piliers permettra une deuxième phase d'exploitation pour récupérer une partie des piliers qui supportaient les contraintes verticales durant la première phase des travaux. Le pourcentage total d'extraction serait ainsi amélioré. Les objectifs de la recherche nécessitaient quelques activités:

- Obtenir des échantillons representatifs des roches intactes et des résidus d'halite
- Etablissement du comportement de ces materiaux au laboratoire.
- Installation et observations de l'instrumentation in situ pour évaluer les contraintes et les déformations.
- Développement d'une loi de comportement générale pour la potasse et le sel gemme intact.

Les participants à ce projet étaient des géologues, des ingénieurs, et travailleurs à DPPC, quelques étudiants gradués sous la direction du Professeur M.B. Dusseault, P.Eng., à UW, et les employés de MPC sous la direction de M. D.Z. Mraz, P.Eng.

4.0 ESSAIS SUR LES MATERIAUX INTACTS

L'objectif principal du programme d'essais sur les matériaux intacts était d'établir les propriétés mécaniques et rhéologiques pour la modélisation numérique des conditions en place à DPPC.

4.1 Essais de fluage

Un total de 36 essais de fluage furent conduits afin d'établir le comportement rhéologique en fonction de la différence entre les contraintes principales. Ces essais étaient surtout conduits sur la potasse (le matériau des piliers), mais aussi sur l'halite supérieure, et sur la couche inférieure gradée.

4.2 Essais à la rupture

Sur les mêmes materiaux, 14 essais de rupture ont permis d'établir le critère de résistance sous la rupture à diverses contraintes majeures et mineures.

4.3 Détermination des paramètres élastiques

La module d'élasticité (E) des trois materiaux fut déterminé par la déformation rapide cyclique à contrainte élevée, et a été défini par le rapport entre le changement de contrainte verticale et la déformation axiale (plus ou moins instantanée).

4.4 Paramètres pour la modélisation numérique

Les paramètres suivants ont été déterminés par les essais décrits ci-dessus. Pour les roches intactes, les paramètres sont donnés ci-après.

4.4.1 Proprietés mécaniques (non-visqueux)

Sylvinite:

Résistance en compression (σ_3=0)	26.25 MPa
Module d'élasticité	5.462 GPa
Résistance à la tension	1.65 MPa

Halite supérieure

Résistance en compression (σ_3=0)	29.22 MPa
Module d'élasticité	10.21 GPa
Résistance à la tension	2.00 MPa

Couche inférieure gradée

Résistance en compression (σ_3=0)	28.4 MPa
Module d'élasticité	6.908 GPa
Résistance à la tension	1.48 MPa

Les équations des critères de rupture on été développé par M. L. Rothenburg de L'Université de Waterloo.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_c}{2}\left[(1 - MR) + \sqrt{(1 + MR)^2 + 4m\frac{\sigma_3}{\sigma_c}}\right]$$

$$R = \frac{\sigma_T}{\sigma_c}$$

Avec σ_1 = contrainte majeure

σ_3 = contrainte mineure

σ_c = résistance compressive (σ_3=0)

σ_T = résistance à la tension

m = facteur empirique

Les résultats des essais de laboratoire sont approximés par les paramètres suivants.

	R	M
Sylvinite	0.0629	53.8
Halite Supérieure	0.0684	500.0
Couche Inférieure gradée	0.0521	34.2

4.4.2 Propriétés rhéologiques

Pour les donnés des essais sur les materiaux de DPPC, une relation a été obtenu par la méthode de régression.

Parce que la vitesse de déformation in situ est de cent à mille fois plus faible que celles au laboratoire, la relation du fluage a été normalisée, en utilisant l'équation suivante:

$\dot{\varepsilon}_{ss} = \dot{\varepsilon}_K (\Delta\sigma/2K)^n$ où

$\dot{\varepsilon}_{ss}$ = vitesse de déformation dans le régime permanent.

$\dot{\varepsilon}_K$ = vitesse de déformation à la limite de Prandtl.

K = limite de Prandtl

$\Delta\sigma$ = difference entre les contraintes principales

n = paramètre empirique

La validité de cette approche est discutée en détail dans le Volume 4, où les méthodes utilisées pour évaluer les limites sont décrites. Le paramètre n décrit le comportement moyen des essais de fluage où la contrainte differentielle est plus élevée que 2K. La valeur de $\dot{\varepsilon}_K$ a été déterminé in situ à partir des données des extensomètres dans les deux chambres instrumentées. Le paramètre n sous le niveau 2K a été estimé. Pour la modélisation, les paramètres suivants ont été utilisé:

	2K (MPa)	$\dot{\varepsilon}_K$ (S^{-1})	n ($\sigma_1-\sigma_3 \geq 2K$)	m ($\sigma_1-\sigma_3<2K$)
Sylvinite	17.6	$3x10^{-11}$	6.0	1.0
Halite supérieure	20.0	$3x10^{-11}$	4.5	1.0
Couche inférieure gradée	18.8	$3x10^{-11}$	4.8	1.0

Les résultats de plusieures simulations avec le programme numérique confirment que cette approche donne des résultats raisonnables.

5.0 ESSAIS SUR LES RESIDUS

Le but primaire du programme d'essais au laboratoire était d'obtenir les propriétés représentatives des materiaux de DPPC pour la modélisation du remblais.

Il est attendu que les résidus seront compactés durant le placement. De plus, la fermeture graduelle de la mine permettra la mobilisation de support additionnel aux couches supérieurs afin d'executer la deuxième phase d'extraction à DPPC.

5.1 Granulométrie

Par rapport aux déchets des usines conventionelles d'extraction, les déchets de DPPC sont:

1. Plus gros (en largeur moyenne),
2. De gradation semblable,
3. Dépourvus de la fraction des mineraux fins (moins que 0.075 mm).

Les déchets de DPPC sont plus fins que ceux de l'usine à Rocanville (Sask.), (des résultats d'essais au laboratoire sur ces déchets sont disponibles).

5.2 Minéralogie

Seulement deux minéraux ont été identifiés dans les résidus: l'halite et le sylvite. La teneur en sylvite était toujours à inférieure à 5%.

En général, la fraction de mineraux insolubles est minime. Des traces d'argile on été détecté dans le bassin de stockage des résidus miniers.

5.3 Teneur en eau

La teneur en eau moyenne des résidus est 7.53% (non-corrigée), correspondant à 7.8% corrigé pour les sels dissous. Cependant, il faut dire que les résidus s'égouttent à long terme jusqu'à une teneur en eau de 2.5%, utilisée dans les calculs.

5.4 Poids spécifique

Le poids spécifique moyen calculé des mineraux des résidus est 2.15.

5.5 Densité de placement dans le laboratoire

La table 5.1 donne des résultats de porosité obtenus pour diverses hauteurs de chambres, en fonction de plusieurs densités initiales et des differentes méthodes de placement.

5.6 Densité de placement en surface (équipement à pleine échelle)

Une essai en surface fut entrepris en utilisant un "Wagner ST-8A Scooptram" pour placer des couches de 0.45 à 1.2 mètres d'épaisseur, avec compaction par les pneus (résultats à table 5.2).

Pour évaluer la potentiel de compaction additionelle, un compacteur oscillatoire, un "Bomag Dual-Drum" machine, modèle BW655, était utilisé pour compacter des couches de 0.18 à 0.75 mètres d'épaisseur (resultats à table 5.2).

Les résultats à pleine echelle confirmèrent les résultats du laboratoire: la vibration est la méthode la plus efficace pour fournir de la compaction additionelle.

TABLE 5.1

Porosités Obtenues par Diverses Methodes de Placement

METHODE DE PLACEMENT	POIDS SPECIFIQUE (SECHE)	POROSITE DE MASSE (SECHE) %	POROSITES TOTALES (%) 10m %	15m %	20m %	30m %
Placement non-compacté	1.00	53.7	58.33	56.79	56.02	55.25
	1.10	49.1	54.17	52.47	51.62	50.77
	1.20	44.4	50.00	48.15	47.22	46.30
Compaction manuelle	1.30	39.8	45.83	43.83	42.82	41.82
Compaction vibratoire (après la sedimentation)	1.40	35.2	41.67	39.51	38.43	37.35
	1.50	30.6	37.50	35.19	34.03	32.87
Compaction à Bomag "Dual-Drum" Compacteur commercielle)	1.60	25.9	33.33	30.86	29.62	28.40
	1.70	21.3	29.17	26.54	25.23	23.92
	1.80	16.7	25.00	22.22	20.83	19.44
	1.90	12.0	20.83	17.90	16.44	14.97
	2.00	7.4	16.67	13.58	12.04	10.49
	2.10	2.8	12.50	9.26	7.64	6.02
sel-gemme solide	2.16	0.0	10.00	6.67	5.00	3.33

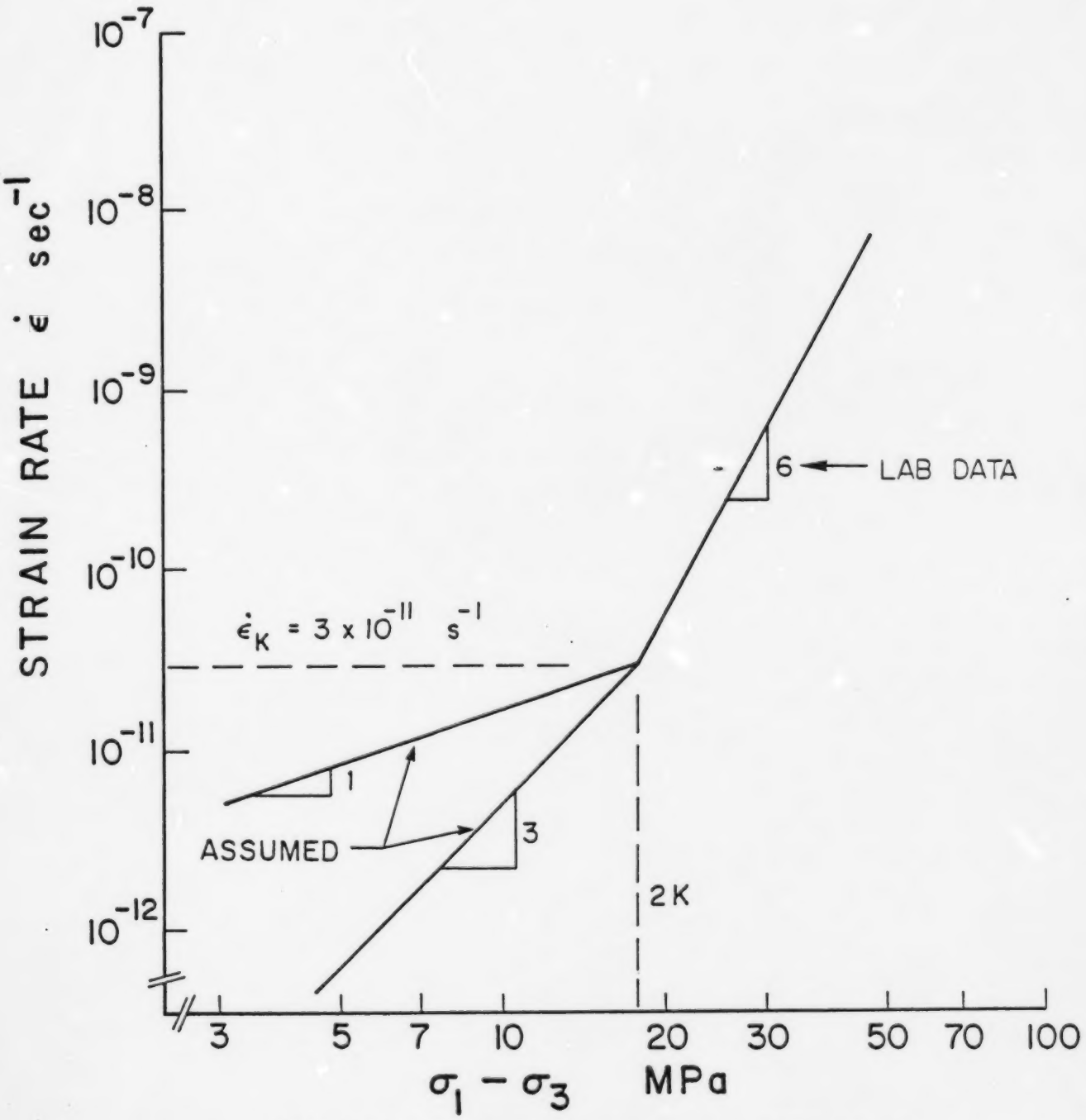
Note: Dans tous les cas, on suppose que la densité moyenne des remblais est obtenue dans les chambres remplies jusqu'a lm du toit.

Table 5.2

Essais en Surface
Densité de Placement

Méthode	Epaisseur de couche (m)	Densité (t/m^3)	
ST-8A	4.5	1.324	Moyen
ST-8A	1.20	1.470	1.379 t/m^3
ST-8A	0.45*	1.296	
ST-8A	1.20*	1.425	
Bomag	0.18	1.631	Moyen
Bomag	0.25	1.591	1.611 t/m^3

* Données obtenues un jour après placement.



CREEP LAW USED IN MODELLING

FIGURE 5.4

6.0 ESSAIS DE CONSOLIDATION SUR LES RESIDUS

Les buts des essais de consolidation des résidus étaient de:

i) déterminer la résistance à la rupture en fonction de la porosité, et,

ii) déterminer une relation décrivant le support que les résidus donneraient aux contraintes verticales.

Cette relation est nécessaire pour décrire l'interaction avec les contraintes qui sont développées dans les roches intactes, pour que la distribution des contraintes autour des chambres remblayées puissent être obtenus. Ce support diminue la vitesse de fermeture des chambres.

La résistance à la rupture décrit la limite de vitesse de fermeture associée à la rupture des résidus consolidés.

La plupart des essais ont été effectué sur des spécimens consolidés entre 5 et 20% de porosité. Ces valeurs sont plus réprésentatives des valeurs in situ lors de la deuxième phase d'exploitation.

6.1 Résultats des essais de consolidation

Les résultats des essais montrent que:

i) La consolidation initiale d'un échantillon non-compacté est très rapide.

ii) Sous contraintes constantes (au consolidomètre), la compaction des résidus à des densités représentatives continue à des taux considérables, car les grains continuent à se déformer d'une manière viscoplastique.

Des essais de consolidation de quatre-vingt-dix jours confirmèrent l'hypothèse que les résidus fourniraient un support minimum avant que la porosité soit voisive de zero.

Pour la modélisation numérique, une fonction élastique, non-linéaire a été utilisé pour décrire la comportement des résidus. Le coefficient d'élasticité augmente avec le niveau des contraintes alors les résidus deviennent plus rigides.

Plus d'essais sont proposés pour le comportement des résidus d'halite.

7.0 ESSAIS TRIAXIAUX DES RESIDUS

L'objectif des essais triaxiaux était d'obtenir la résistance à la rupture en fonction de la porosité. Les resultats sont présentés dans la table 7.1.

Cependant ces résultats ne sont pas suffisants pour définir une loi de comportement adéquate.

TABLE 7.1

Essais de Rupture Triaxiale
Résidus Consolidés à 90%

No. de Echantillon	Temps pour Consolider (hrs)	Résistance à la Compression Simple (psi)	(MPa)
1-90	36	1009.8	6.96
2-90	36	972.8	6.71
3-90	1	407.1	2.81
4-90	1	645.0	4.45

8.0 CALIBRATION DE LA CELLULE IN SITU DU CONSEIL DE RECHERCHES DE LA SASKATCHEWAN

La mesure des contraintes in situ à Denison Potacan fut accompli avec vingt-et-une cellules gaufrette du Conseil de Recherches de la Saskatchewan. La calibration des cellules a été accompli dans les laboratoires U.W. Waterloo. Les résultats démontrent que les données obtenues in situ ont une précision suffisante. Dans un domaine de contraintes de 10 à 20 MPa, la déviation moyenne était 0.37 MPa, ou 2.4%.

On propose plus d'essais pour calibrer ces cellules gaufrettes dans un domaine de contraintes plus répresentatives.

9.0 ESSAIS IN SITU

Dès 1982, DPPC accordait beaucoup d'importance au comportement des roches et établissait d'une chambre d'essais in situ en février 1983.

Cependant, la décision de développer la mine, avec une production annuelle de 1,300,000 tonnes, n'était prise que plus tard en 1983, et la production commencait en juillet 1985. Depuis 1983, DPPC a installé de l'instrumentation, effectué la cueillette des données, et a fait l'analyse en détail de l'information de troix chantiers experimentaux.

* La petite chambre (4.8 x 4.8 m), établi le 7 février, 1983.
* La grande chambre (4 x 42 m) établi le 8 janvier, 1984
* La chantier minier, établi le 6 août, 1986.

Ces chantiers instrumentés remplirent leur but car les études de mécanique des roches produisuirent des données importantes pour le développement d'une méthode efficace d'extraction du minerai. L'information sur les contraintes et les déformations in situ des différents materiaux étaient nécessaires pour la conception des travaux. Ces renseignements à grande échelle dans les conditions naturelles étaient egalement essentiels pour le développement et le perfectionnement du modèle numérique utilisé pour étudier les méthodes alternatives d'exploitation et de remblayage.

Les résultats des essais in situ sont décrits en détail dans le volume 3 du rapport final.

puisse décrire le comportement généré par la microfissuration et de fermeture des microfissures. De plus, les contraintes moyennes altèrent la vitesse de déformation à cause des processus de microfissuration, qui sont sensibles au niveau moyen des contraintes. On utilise une équation avec un exposant de 4.5 à 6.0. Ces relations seront sans aucun doute améliorées avec des résultats d'autres chantiers instrumentés.

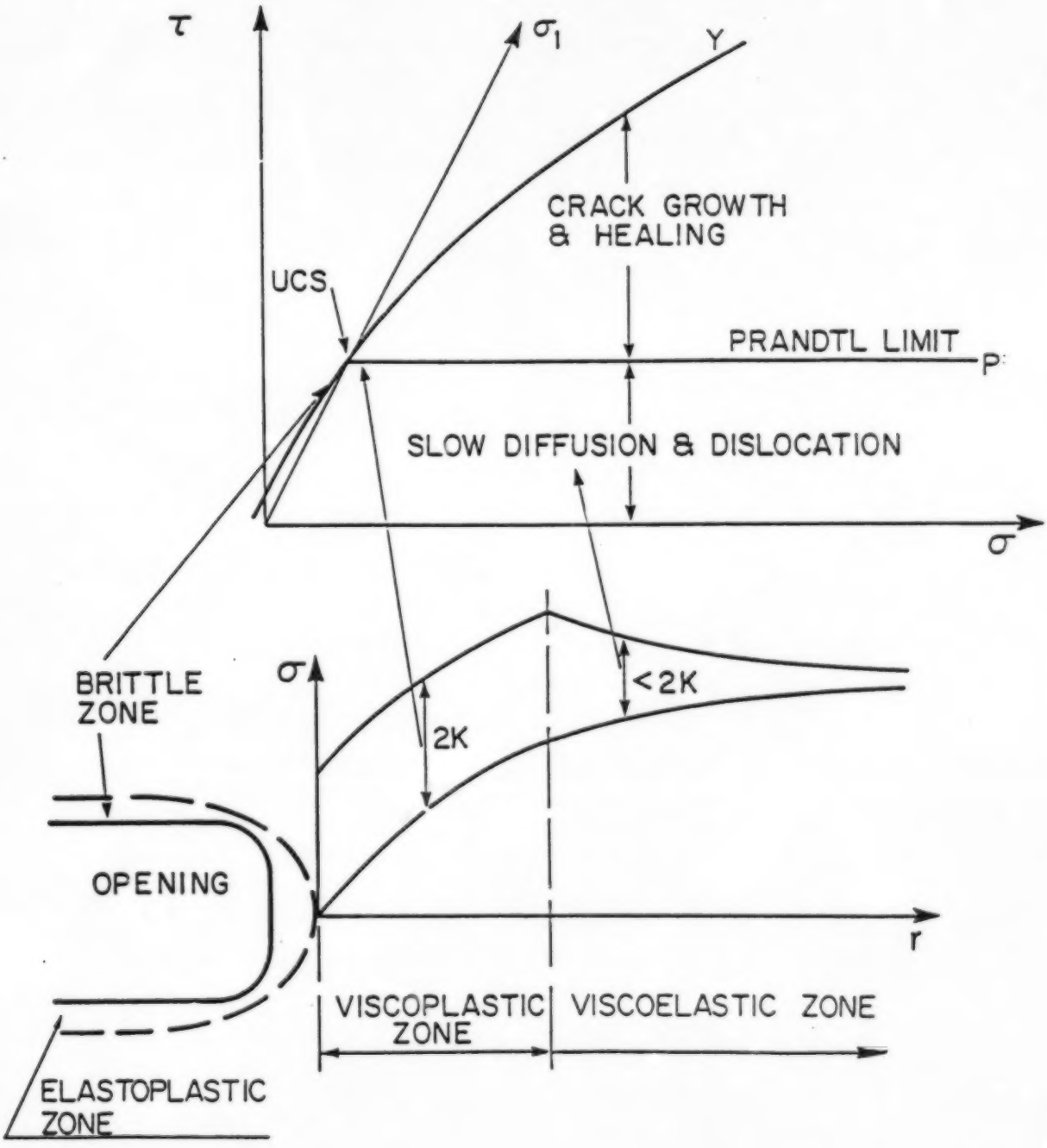
d) La limite supérieure du domaine des déformations en régime permanent est la résistance à la rupture (le critère de Mohr-Coulomb). Le critère de rupture est d'une forme classique, donnant la contrainte maximum d'un échantillon soumis à un nivau de contrainte réduit en fonction de la vitesse de déformation.

Ces éléments de comportement sont décrits en détail dans volume 4 du rapport, où l'on traite également des mécanismes microscopiques.

La figure 10.1 montrent les principaux domaines de comportement.

Définition des symboles

σ = contrainte moyenne
τ = contrainte de cisaillement
K = la limite Prandtl (la contrainte d'activation du mécanism de microfissuration)
UCS= la résistance à la compression simple
Y = la critère de resistance à la rupture (à fonction des contraintes moyennes)
r = distance



RANGES OF BEHAVIOUR FOR A SALTROCK OPENING

FIGURE 10.1

11.0 PREDICTION DE COMPORTEMENT DES EXCAVATIONS A DDPC

Il n'était pas prevu que les résidus devaient occasionner une décéleration sensible de la vitesse de fermeture des chambres. Pourtant, la décéleration est suffisante pour retarder la densification des résidus. Cela, à son tour, retardera le transfert des contraintes verticales , et aura comme conséquence de retarder la deuxième phase d'extraction des pilliers.

A partir des prédictions numériques, les tables 11.1 à 11.3 présentent de l'information sur les trois chambres de taille differente.

L'analyse numérique a été faite avec les conditions de densité suivantes:

* Le 0.5 m supérieur de chaque chambre a un densité de 1.0.
* Les 1.5 m suivants ont une densité de 1.4
* Le restant a une densité de 1.6

Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues avec diverses méthodes de placement. La figure 11.1 presente les résultats de l'analyse.

Il apparait qu'une densité acceptable des résidus ne serait pas obtenu pour soutenir les contraintes verticales dans un temps raisonnable. Le temps prescrit après le remblayage pour qu'on puisse affectuer la deuxième phase d'exploitation est au minimum de 10 ans. Par conséquent, d'autres mésures doivent être prises pour accélérer la compaction des résidus.

STOPE/BACKFILL INTERACTION PREDICTION

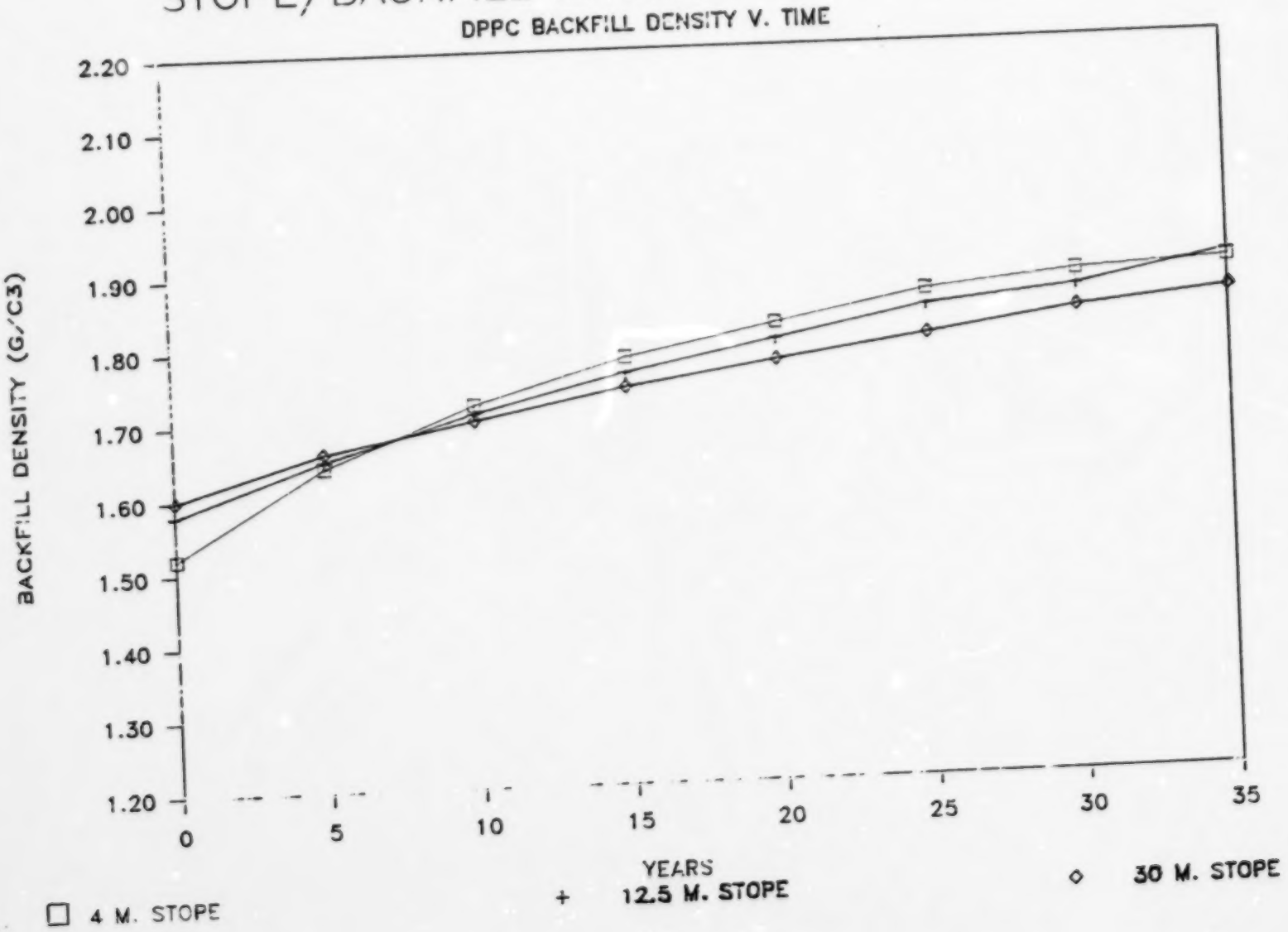


FIGURE 11.1

TABLE 11.1

DDPC, Chambre Minière (4x42m) Densité des déchets en fonction de temps

ANNE	FERMETURE DU TOIT	FERMETURE DES MURS	DIMENSION DE LA CHAMBRE	LARGEUR	AIRE TRANSVERSALE	AIRE TRANSVERSALE DES DECHETS DENSITE 1.0	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.4	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.6	AIRE TOTALE DES DECHETS	MASSE TOTALE DES DECHETS	DENSITE MOYENNE
STOPE AT TIME OF BACKFILLING			4.00	42.00	168	21	63	84	168	244	1.45
0	0.17	0.00	3.83	42.00	161				161	244	1.52
5	0.44	0.12	3.56	41.88	149				149	244	1.64
10	0.60	0.18	3.40	41.82	142				142	244	1.72
15	0.72	0.22	3.28	41.78	137				137	244	1.78
20	0.80	0.24	3.20	41.76	134				134	244	1.82
25	0.86	0.26	3.14	41.74	131				131	244	1.86
30	0.88	0.28	3.12	41.72	130				130	244	1.88
35	0.90	0.29	3.10	41.71	129				129	244	1.89

TABLE 11.2

DDPC, Chambre Minière (12.5x42m) Densité des déchets en fonction de temps

ANNE	FERMETURE DU TOIT	FERMETURE DES MURS	DIMENSION DE LA CHAMBRE	LARGEUR	AIRE TRANSVERSALE	AIRE TRANSVERSALE DES DECHETS DENSITE 1.0	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.4	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.6	AIRE TOTALE DES DECHETS	MASSE TOTALE DES DECHETS	DENSITE MOYENNE
STOPE AT TIME OF BACKFILLING			12.50	42.00	525	21	63	441	525	815	1.55
0	0.20	0.02	12.30	41.98	516				516	815	1.58
5	0.66	0.28	11.84	41.72	494				494	815	1.65
10	1.04	0.43	11.46	41.57	476				476	815	1.71
15	1.30	0.54	11.20	41.46	464				464	815	1.76
20	1.54	0.63	10.96	41.37	453				453	815	1.80
25	1.74	0.70	10.76	41.30	444				444	815	1.84
30	1.90	0.75	10.60	41.25	437				437	815	1.86
35	2.10	0.81	10.40	41.19	428				428	815	1.90

TABLE 11.3

DDPC, Chambre Minière (30x42m) Densité des déchets en fonction de temps

ANNE	FERMETURE DU TOIT	FERMETURE DES MURS	DIMENSION DE LA CHAMBRE	LARGEUR	AIRE TRANSVERSALE	AIRE TRANSVERSALE DES DECHETS DENSITE 1.0	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.4	SURFACE EN SECTION DES DECHETS A DENSITE 1.6	AIRE TOTALE DES DECHETS	MASSE TOTALE DES DECHETS	DENSITE MOYENNE
STOPE AT TIME OF BACKFILLING			30.00	42.00	1,260	21	63	1,176	1,260	1,991	1.58
0	0.30	0.08	29.70	41.92	1,245				1,245	1,991	1.60
5	1.04	0.64	28.96	41.36	1,198				1,198	1,991	1.66
10	1.54	0.90	28.46	41.10	1,170				1,170	1,991	1.70
15	2.00	1.12	28.00	40.88	1,145				1,145	1,991	1.74
20	2.36	1.30	27.64	40.70	1,125				1,125	1,991	1.77
25	2.70	1.44	27.30	40.56	1,107				1,107	1,991	1.80
30	3.04	1.56	26.96	40.44	1,090				1,090	1,991	1.83
35	3.32	1.68	26.68	40.32	1,076				1,076	1,991	1.85

12.0 STOCKAGE DES RESIDUS

En supposant que la densité de placement soit 1.4, il y aura des résidus en excès et le stockage en surface sera nécessaire. On prévoit que les materiaux en excès seront à peu près de 780,000 tonnes par année, c'est à dire, 570.000 mètres cubes pour une densité de 1.5.

Si l'on peut remplir les chambres complètement, l'efficacité sera augmentée, et les résidus en excès seront 490,000 tonnes. De plus, si l'on peut augmenter la densité de placement de 1.4 à 1.6, le stockage à surface serait éliminer.

13.0 CONCLUSIONS

La mine PCA (Potash Company of America) utilise les résidus d'halite comme partie essentielle des ouvrages miniers (les résidus forment la base du chantier minier, car les couches exploitées sont inclinées à 70°, et l'excavation se fait de bas en haut). DPPC est la deuxième mine au Nouveau Brunswick, et aucune autre mine au Canada n'utilise le remblayage en utilisant l'halite granulaire pour des opérations souterraines.

Les objectifs primaires de la Phase I de recherche étaient de découvrir des méthodes efficaces pour le placement et la consolidation des résidus. A partir des activités de la Phase I, certaines conclusions peuvent être présentées:

* Les résidus sont compris de grains d'halite ayant moins de 2 millimètres de diamètre.
* Les résidus sont très perméables, et dans la mine il faudra installer des pompes à capacité de 370 à 400 l/m pour evacuer l'eau salée.
* La densité des résidus est fonction de la méthode de placement et de la compaction initiale.
* On croit que la densité maximum que l'on peut atteindre durant le placement simple est de 1.5, lorsque la compaction est effectuée par machine à pneus. La compaction à machine oscillatoire peut acroître la densité jusqu'à 1.6.
* Les résidus à une densité de 1.6 ne pourront cependant soutenir aucune de contrainte: il faudrait que la porosité libre soit presque éliminée pour que les contraintes verticales soient partagées avec les piliers. Nos résultats impliquent que le temps nécessaire pour l'élimination de

la porosité est trop long pour l'éxécution économique de la deuxième phase d'extraction.

* Pour accélérer le transfert des contraintes, quelques méthodes doivent être considerées:

  a) Placement à une densité la plus élevée possible, et l'élimination de l'espace vide sous les toits des chambres.

  b) Comme dernier acte de l'exploitation primaire, ou comme action intermédiaire, effectuer une accélération de vitesse de fermeture des chambres sans compromettre la santé et la sécurité des mineurs.

  c) Développement des méthodes nouvelles pour augmenter la densité, comme la récirculation de l'eau salée, l'addition d'autre materiaux avec les résidus, etc.

* Une accélération intentionnelle de fermeture aura pour effet d'accélérer également l'affaissement des couches supérieures, et aussi la génération d'activité microsismique. Pour assurer la sécurité des travailleurs et garder la mine opérationnelle, il faut guarantir que la concentration d'énergie soit en dessous du niveau critique pour les évènements sismiques dangeureux.

* A partir des hypothèses des densités, on prédit des volumes de résidus excédents la capacité des chambres d'extraction, nécessitant par conséquent le stockage en surface.

Le placement des résidus à DPPC a commencé en février 1987, avec placement et compaction dynamique effectué par "scooptram".

Les sujets suivants doient faire l'objet d'études additionelles:

a) Le développement d'une expression de rigidité des résidus en fonction de la densité, la géometrie, et la méthode d'extraction.

b) L'analyse des méthodes pour accélérer la fermeture.

c) L'évaluation d'autres méthodes pour augmenter la densité de placement.

d) La développement d'une equation pour décrire la résistance à la rupture des résidus en fonction de densité et la vitesse de déformation.

e) La développement des méthodes integrées pour accomplir la deuxième phase d'extraction sans compromettre la sécurité et les réserves du minerai.

f) L'évaluation et la prédiction des vitesses d'affaissement et la fréquence et l'amplitude des évènements microsismiques à cause de la fermeture des chambres, donc de l'impact sur la sécurité des travailleurs et la stabilité de la mine.

Ces recherches devraient être organisées sous un nouveau projet, soit la Phase II, qui a déjà été soumis à CANMET.